

室内土槽試験による堤体のドレーン工周辺の浸透挙動に関する一考察

鹿児島大学 学生会員

宮地志門

鹿児島大学学術研究院理工学域工学系 正会員

酒匂一成、伊藤真一

1. はじめに

南九州地域は、大半がシラスに覆われており、河川堤防の築堤材料にもシラスが多く含まれている。シラスは、砂質土に比べ細粒分が多く、土粒子密度が小さいなどの理由から浸食に対する安定性が低いと考えられている。そこで、著者らは、シラス堤防に対する強化策の効果について検討を行っている¹⁾。本論文では、シラス堤防内のドレーン周辺の間隙水の浸透挙動やドレーンの排水効果を確認するための実験を行った。

2. 試験概要

土槽実験に用いた試料は、豊浦砂と肝属川河川堤防に用いられる土(以下堤体土と呼ぶ)である。表-1にこれらの土質試験結果と堤体作製時の条件を示す。

堤体作製時の条件としては、豊浦砂、堤体土ともに締固め度 90%と設定した。堤体土の初期含水比は、締固め曲線上で $\rho_{d\max}$ の 90%の乾燥密度に相当する値の中でより低い含水比とした。豊浦砂の場合は、初期飽和度を堤体土での実験と同じ値として、含水比を決定した。

本実験では土の締固めに 2.5kg のランマーを使用し、含水比を調整した土を所定の間隙比になるように締固めを行った。底面から 10cm を基礎地盤とするが、今回は基礎地盤と堤体の締固め度は同値とした。盛土とドレーン工の間には、肝属川河川堤防で実際に使用されている不織布を設置した。図-1 に示すように堤体内の ch1～ch10 には土壤水分計(EC-5、デカゴン社)を設置し、飽和度(体積含水率と間隙比から換算)の時間変化を計測した。

実験を行うにあたり、豊浦砂と堤体土に対する土壤水分計のキャリブレーションを実施した。縦軸に飽和度 S_r 、横軸に土壤水分計の出力値 $\times 10^{-2}$ をとり、近似式を求め、土壤水分計の出力値から飽和度を算出した。豊浦砂に対する土壤水分計の校正式は次式で示される。

$$S_r = 0.1776x - 0.9982 \quad : R^2 = 0.9937 \quad (1)$$

ここに、 x : 土壤水分計の出力値 $\times 10^{-2}$ 。

また、堤体土に対する土壤水分計の校正式は次式で表される。

表-1 試料の締固め条件および土質試験

試料			豊浦砂	堤体土
土槽作製時の含水比	w	(%)	12.3	14.5
間隙比	e	(-)	0.84	0.94
土粒子密度	ρ_s	(g/cm ³)	2.64	2.48
湿潤密度	ρ_t	(g/cm ³)	1.61	1.46



図-1 土槽模式図

$$S_r = 0.1543x - 0.7806 \quad : R^2 = 0.9838 \quad (2)$$

また、実験では図-1 に示すように片側から一定水位 45cm を与え、ドレーンからの排水量が目視でほぼ一定になった際に実験を終了した。

3. 実験結果と考察

まず、豊浦砂を用いた土槽実験について考察する。実験の観察では、注水開始 2 分後に浸潤面がドレーン周辺に近づき、開始 7 分後に木杵とドレーン工の境界からの排水が確認された。10 分後には、目視で堤体全体が湿潤していることが確認できた。その後、開始 37 分後に実験を終了した。

実験終了後にドレーン内の様子を確認したところ、写真-1 より、ドレーン内の碎石は、ほとんどが濡れていなかった。ドレーン側面も不織布が湿っている程度で側面からの排水は確認されなかった。このことより、排水はドレーン底部で行われている。豊浦砂を用いた実験における土壤水分計の計測結果を図-2 に示す。図-2 に示すように注水開始から ch2、ch1、ch3、ch5、ch4、ch6、ch8、ch7、ch9、ch10 の順に堤体下部から飽和度が上昇している。この実験では、水位が所定の 45cm になる前にドレーン底部と木杵の間から排水が生じはじめた。これは、豊浦砂の透水性が大きいためだと考えられる。また、木杵とドレーンの底部の境界から排水が確認されていることから、基礎地盤部分が飽和して

いると思われる。図-2 では、開始約 15 分で全ての地点の飽和度が約 85% で一定になっているが、実際は堤体下部の飽和度はより飽和に近い値になっていると思われる。この原因として、実験で計測された体積含水率は初期間隙比を用いて飽和度に変換しているが、実験中に空隙比が変化している場合、正確な飽和度を示していない可能性があること、キャリブレーションの際に飽和でのデータを用いていないため、飽和が高い部分の校正式の精度が悪い可能性があると考えられる。

次に堤体土を用いた土層実験について考察する。堤体土の実験の観察では、豊浦砂の堤体と異なり浸潤面の進行速度が非常に遅い。注水開始 210 分後に浸潤面がドレーン周辺に近づき、開始 390 分後にドレーン底部と木枠の境から排水を確認した。その後、開始 480 分後に実験を終了した。

堤体土を用いた土槽内の土壌水分計の計測結果を図-3 に示す。図-3 に示すように ch5、ch8、ch2、ch3、ch6、ch9、ch1、ch4、ch7、ch10 の順に飽和度が上昇していき、浸潤面が垂直に近い状態で浸透していることが推察される。これは、堤体土が豊浦砂に比べ、保水性が高いためと考えられる。ドレーンと木枠の境界からの排水と堤体土の低い部分の計測結果から、堤体土の下部はほぼ飽和していることがわかる。以上のことから、豊浦砂および堤体土による実験で、保水・浸透特性の違いにより浸潤面の進行状況および速度が異なることが確認された。また、ドレーンからの排水に関しては、いずれもドレーンの底部から排水されていることが確認された。明確に地下水位は把握できなかったが、ドレーンよりも低い位置にある土が飽和した後に、ドレーン底部から排水が生じるとされる。また、ドレーンの側面では、堤体内の土の保水特性がドレーン内の礫よりも大きいため、直接、堤体内部からドレーンへは排水されにくいと考えられる。

ドレーン工は堤体内の地下水位の上昇抑制効果を有していると思われる。しかし、堤体土の保水特性により、地下水面よりも上にあると思われる土も高い飽和度になっているため、堤体土の強度は低下していると思われる。よって、堤防を設計する際には、地下水面の位置だけでなくその上部に広がる飽和度の高い毛管水帯についても注意が必要である。

また、ドレーン工は、自重や不織布のフィルターとしての役割により、堤防の法面の安定性向上や法尻部

の浸食抑止の効果があり、シラス堤防に対しても有効であると思われる。

4. おわりに

本研究では、シラス堤防内のドレーン周辺の間隙水の浸透挙動や排水効果に関して実験的に考察を行った。

その結果、現在、実施されているドレーン工による強化策が、シラスが含まれる堤体土に対しても有効であることがわかった。

謝辞：本研究は、河川砂防技術開発公募（地域課題分野【河川】）（研究代表者：酒匂一成）の助成を受けた。ここに謝意を示す。

参考文献：1) 酒匂一成、齋田倫範：シラス堤防の浸透および越水に対する安定性に関する検討、河川砂防技術開発公募報告書、pp9～14、2018。



写真-1 実験終了後のドレーン内の様子(豊浦砂)

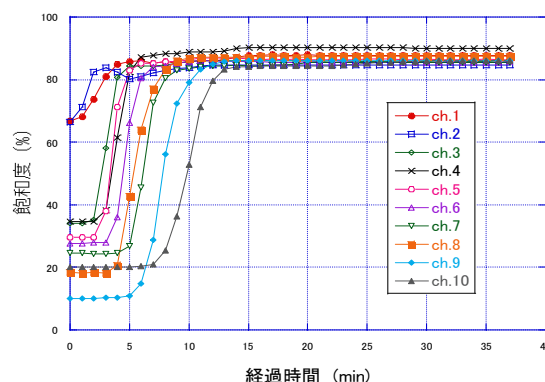


図-2 豊浦砂の飽和度の時間変化

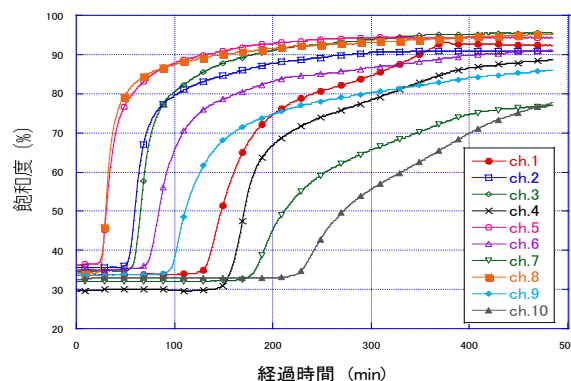


図-3 堤体土の飽和度の時間変化